Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (37), (NOV. 2025)
SICST2025, www.sicst.ly
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
عدد خاص بالمؤتمر الدولي الثالث للعلوم والتقنية
المجلد (10)، العدد (37)، (نوفمبر2025)
ردمد: 3014-6266

تأثير التصميم الهندسي للطرق على السلامة المرورية والبيئة:

دراسة حالة مدينة زليتن، ليبيا

The Impact of Road Geometric Design on Traffic Safety and the Environment: A Case Study of Zliten City, Libya

ا. ناصر محمد دياب[1] د. خالد محمد بن عمران[2] د. سالم إبراهيم شويخه[3]

1. قسم التقنيات المدنية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية زليتن، ليبيا،
2. قسم التقنيات المدنية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية زليتن، ليبيا،
3. قسم التقنيات المدنية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية زليتن، ليبيا.

nmdiab72@gmail.com

Received: 30-09-2025; Revised: 10-10-2025; Accepted: 31-10-2025; Published: 25-11-2025

الملخص:

تتناول هذه الدراسة العلاقة بين التصميم الهندسي للطرق والسلامة المرورية من جهة، والتأثيرات البيئية الناتجة عن الحوادث من جهة أخرى، وذلك من خلال تحليل ميداني وإحصائي لبيانات الحوادث في بلدية زليتن للفترة من 2020 إلى 2025.

اعتمدت الدراسة على بيانات رسمية جمعت من تقارير الجهات المعنية، وشملت مؤشرات عدد الحوادث، الوفيات، الإصابات، والخسائر المالية، إضافة إلى التوزيع المكاني والزماني لتلك الحوادث حسب نوع الطريق (ساحلي، ريفي، داخلي، رئيسي).

وقد كشفت النتائج عن ارتفاع ملحوظ في معدلات الحوادث والوفيات على الطرق الريفية والساحلية نتيجة لقصور في معايير التصميم، مثل غياب الحواجز، ضعف الإنارة، وسوء تصريف المياه.

كما أظهرت التحليلات تأثيرات بيئية مباشرة وغير مباشرة، كنفوق الحيوانات، وتلوث الأراضي الزراعية نتيجة تسرب الزيوت والوقود، وتقلص المساحات المزروعة بسبب التوسع العشوائي في البنية التحتية.

خلصت الدراسة إلى ضرورة إعادة النظر في المواصفات الهندسية للطرق، خاصة في المناطق الريفية والزراعية، وربط مشاريع الطرق بخطط بيئية مستدامة. كما قدمت مجموعة من التوصيات العملية والتشريعية لدعم تحسين السلامة البيئية والمرورية في زليتن، بما يسهم في تقليل الخسائر البشرية والاقتصادية والبيئية.

الكلمات المفتاحية

السلامة المرورية – الحوادث – التأثير البيئي– ليبيا –الطرق الساحلية – التلوث الناتج عن الحوادث – التخطيط الحضري.

Abstract

This study examines the relationship between road geometric design and traffic safety on one hand, and the environmental impacts resulting from accidents on the other. The research is based on both field and statistical analyses of accident data in the Municipality of Zliten during the period from 2020 to 2025.

The study relied on official data collected from relevant authorities' reports, including indicators such as the number of accidents, fatalities, injuries, and financial losses, in addition to the spatial and temporal distribution of these accidents according to road type (coastal, rural, internal, and main). The results revealed a significant increase in accident and fatality rates on rural and coastal roads due to deficiencies in design standards, such as the absence of barriers, poor lighting, and inadequate drainage systems.

Furthermore, the analyses indicated both direct and indirect environmental effects, including animal deaths, agricultural land pollution caused by oil and fuel leakage, and the reduction of cultivated areas as a result of unplanned infrastructure expansion.

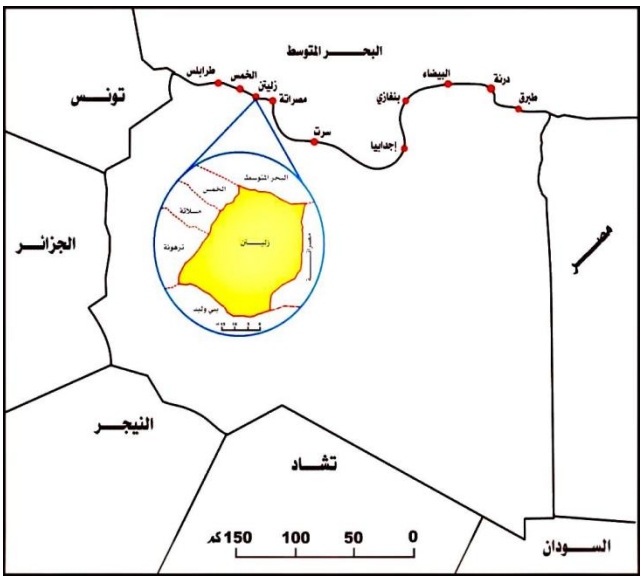
The study concluded that it is essential to reconsider road engineering specifications, particularly in rural and agricultural areas, and to link road projects with sustainable environmental planning. It also presented a set of practical and legislative recommendations to support the improvement of environmental and traffic safety in Zliten, thereby reducing human, economic, and environmental losses.

Keywords: *Traffic safety – Accidents – Environmental impact – Libya – Coastal roads – Accident-induced pollution – Urban planning*

1.1 الخلفية العامة للبحث

في ظل التوسع العمراني المتزايد في المدن الليبية، أصبحت شبكات الطرق تلعب دورًا محوريًا في ربط المجتمعات، وتسهيل حركة الأفراد والبضائع، وتعزيز النمو الاقتصادي. إلا أن هذا التوسع لم يكن دائمًا مدعومًا بتخطيط هندسي فعّال يأخذ في الاعتبار معايير السلامة المرورية والحماية البيئية.

في هذا السياق، تبرز مدينة زليتن كنموذج مهم لفهم التداخل بين البنية التحتية للطرق، الحوادث المرورية، والآثار البيئية المرافقة.



شكل 1: خريطة موقع زليتن بالنسبة إلى ليبيا.

تشير الإحصاءات المحلية إلى أن الحوادث المرورية في زليتن لا تزال تمثل خطرًا كبيرًا على الأرواح والممتلكات والبيئة، مع تركز عدد كبير من هذه الحوادث في الطرق الساحلية والريفية، ما يطرح تساؤلات مهمة حول كفاءة التصميم الهندسي لتلك الطرق، ومدى توافقها مع متطلبات السلامة الحديثة.

1.2 مشكلة البحث

رغم الجهود المبذولة في ليبيا لتحسين شبكة الطرق، إلا أن معدلات الحوادث المرتفعة والتأثيرات البيئية السلبية تشير إلى وجود خلل واضح، لا يمكن تفسيره فقط بسلوك السائقين، بل يُحتمل أن يرتبط بالتصميم الهندسي ذاته، والذي قد لا يراعي عوامل:

- الانحدارات والمنحنيات الخطيرة.
- ضعف الرؤية الليلية.
- غياب الأرصفة وممرات المشاة.
- غياب مصدات الحماية أو مصارف المياه.
- هذا يثير الحاجة إلى دراسة معمقة لفهم:
- مدى ارتباط التصميم الهندسي للحوادث.
- تأثير تلك الحوادث على البيئة المحيطة، لا سيما في المناطق الزراعية.
-

1.3 أهمية البحث

تبرز أهمية هذا البحث من خلال المحاور التالية:

أولًا: أهمية أكاديمية

يسد فجوة معرفية حول العلاقة بين الهندسة المدنية والبيئة المرورية.

يفتح مجالًا لمزيد من الدراسات التطبيقية في السياق الليبي، النادر التوثيق عالميًا.

ثانيًا: أهمية عملية

يقدم توصيات مباشرة قابلة للتنفيذ من قبل البلديات والجهات المختصة في البنية التحتية.

يدعم السياسات البيئية من خلال تسليط الضوء على الأثر البيئي للحوادث في المناطق الريفية والزراعية.

ثالثًا: أهمية اجتماعية

يساعد في حماية الأرواح والممتلكات.

يعزز من وعي المجتمع المحلي حول تأثير الطرق غير الآمنة على البيئة والاقتصاد.

1.4 أهداف البحث

يهدف البحث إلى:

1. تحليل الوضع الحالي لتصميم الطرق في مدينة زليتن، وتحديد النقاط الخطرة.
2. تقييم العلاقة بين التصميم الهندسي للحوادث المسجلة خلال السنوات الخمس الماضية.
3. دراسة التأثير البيئي للحوادث المرورية في المناطق الزراعية والريفية المحاذية للطرق.
4. اقتراح حلول هندسية مستدامة تعزز من السلامة وتقلل من الأثر البيئي.

1.5 تساؤلات البحث

يعتمد البحث على مجموعة من الأسئلة الرئيسة:

1. إلى أي مدى يساهم التصميم الهندسي الحالي للطرق في زليتن في ارتفاع عدد الحوادث المرورية؟
2. ما أنواع الطرق الأكثر تسجيلًا للحوادث؟ ولماذا؟
3. ما مدى تأثر البيئة المحيطة – خصوصًا في المناطق الزراعية – بالحوادث المرورية؟
4. ما هي الحلول الفنية والبيئية التي يمكن تبنيها لتحسين الوضع القائم؟

1.6 فرضيات البحث

بناءً على مشكلة الدراسة وتساؤلاتها، تم صياغة الفرضيات التالية بشكل قابل للاختبار الإحصائي:

الفرضية الصفرية (H_0):

لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين التصميم الهندسي للطرق ومعدلات الحوادث المرورية في بلدية زليتن.

الفرضية البديلة (H_1):

توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين التصميم الهندسي للطرق ومعدلات الحوادث المرورية في بلدية زليتن.

الفرضيات الفرعية:

1. H_{01}: لا يؤثر نوع الطريق (ريفي – ساحلي – داخلي) على معدل الحوادث.

H_{11}: يؤثر نوع الطريق (ريفي – ساحلي – داخلي) بشكل معنوي على معدل الحوادث.

2. H_{02}: لا توجد علاقة بين ضعف التصميم أو الصيانة وارتفاع عدد الحوادث.

H_{12}: هناك علاقة موجبة بين ضعف التصميم أو الصيانة وارتفاع عدد الحوادث.

3. H_{03}: لا يوجد تأثير للحوادث المرورية على مستوى التلوث البيئي في المناطق الزراعية.

H_{13}: للحوادث المرورية تأثير معنوي على زيادة التلوث البيئي في المناطق الزراعية.

1.7 منهجية البحث

النوع: دراسة حالة تطبيقية.

المنطقة المستهدفة: بلدية زليتن.

البيانات: تقارير الحوادث المرورية من 2020 إلى 2025، إحصائيات بيئية، ملاحظات ميدانية.

التحليل: تحليل كمي ونوعي باستخدام الجداول، الرسوم البيانية، وربط النتائج بالسياق البيئي والاجتماعي.

1.8 حدود البحث

نطاق مكاني: الطرق الواقعة ضمن النطاق البلدي لمدينة زليتن، خاصة الساحلية، الريفية، والرئيسية.

نطاق زمني: البيانات الإحصائية للفترة من 2020 إلى الربع الأول من 2025.

نطاق موضوعي: يركز على العلاقة بين التصميم الهندسي، الحوادث، والآثار البيئية، ولا يغطي العوامل السلوكية إلا بشكل تكميلي.

1.9 المصطلحات الأساسية

المصطلح التعريف

- التصميم الهندسي للطرق : هو تخطيط وتنفيذ شكل الطريق بما يحقق السلامة والانسيابية المرورية.
- النقاط السوداء: أماكن متكررة الحوادث بسبب خلل في الطريق أو المرور.
- الطرق الريفية: طرق تمر عبر مناطق زراعية أو غير حضرية، غالبًا ما تفتقر للبنية التحتية.
- الأثر البيئي للحوادث: تلوث التربة، الهواء، أو المياه الناتج عن تسرب وقود أو انسكابات بعد التصادم.

2.1 الإطار النظري

يمثل هذا الفصل الأساس المعرفي الذي يُبنى عليه التحليل في الفصول اللاحقة. فيه نناقش المفاهيم والمصطلحات المركزية التي تدور حولها مشكلة البحث، وذلك من خلال مراجعة دراسات سابقة، وتوضيح العلاقة بين التصميم الهندسي، الحوادث المرورية، والتأثيرات البيئية في المناطق الحضرية والريفية، مع تركيز خاص على السياق الليبي.

2.2 التصميم الهندسي للطرق: المفهوم والمكونات

أولًا: التعريف

يشير التصميم الهندسي للطرق إلى مجموعة من المعايير الفنية التي يتم تطبيقها عند تخطيط، إنشاء، وتطوير شبكات الطرق بما يحقق السلامة المرورية والكفاءة في الحركة، ويأخذ في الاعتبار طبيعة الأرض والمناخ ومتطلبات الاستخدام [1].

ثانيًا: جدول(1) المكونات الأساسية للتصميم الجيد.

المكون	الوصف
الميل الطولي والعرضي	يحددان قابلية الطريق للتصريف وحركة المركبات على المنحدرات.
نصف قطر الانحناء	يلعب دورًا في تقليل الحوادث على المنعطفات الحادة.
سطح الطريق	يؤثر على مقاومة الانزلاق وثبات المركبة.
الرؤية الأفقية والرأسية	تتيح للسائق تقدير المسافة والتصرف المناسب في

	الوقت المناسب.
تصريف مياه الأمطار	يمنع تراكم المياه وتكوين البرك والانزلاقات.
الأرصفة والحواجز	توفر حماية للمشاة وتقليل من شدة التصادمات.

2.3 السلامة المرورية: المفهوم والعوامل المؤثرة

أولًا: تعريف السلامة المرورية

السلامة المرورية هي مجموعة من الإجراءات والتصاميم التي تهدف إلى حماية مستخدمي الطريق من الحوادث أو تقليل آثارها عند وقوعها.

ثانيًا: جدول(2) العوامل المؤثرة في السلامة.

العامل	التأثير
التصميم الهندسي	تصميم الطريق يؤثر على سلوك السائق واستجابته للمخاطر.
الإنارة	تؤثر في الرؤية الليلية خصوصًا في المناطق الريفية.
الإشارات والعلامات	غيابها أو تلفها يؤدي إلى ارتباك مروري وحوادث.
الصيانة الدورية	الطرق المتآكلة أو المحفرة تشكل خطرًا مباشرًا.
السرعة المسموح بها	السرعات العالية في أماكن غير مناسبة تزيد من شدة الحوادث.

2.4 العلاقة بين التصميم الهندسي والحوادث المرورية

تشير العديد من الدراسات [11,12] إلى أن نسبة كبيرة من الحوادث حول العالم تعود إلى مشكلات في البنية التحتية، منها:

- عدم وضوح حدود الطرق.
- الانعطافات غير المحمية.
- اختفاء أو تآكل العلامات المرورية.
- غياب الأرصفة أو الحواجز في مناطق عبور المشاة.

في السياق الليبي:

- تعتمد العديد من الطرق على تصميمات قديمة تعود لحقب ما قبل 2010.
- طرق فرعية كثيرة تم إنشاؤها بدون إشراف هندسي دقيق.
- مشاريع الصيانة تفتقر إلى أدوات تقييم المخاطر الهندسية [1].

2.5 الأثر البيئي للحوادث المرورية

أولًا: تعريف الأثر البيئي

هو التأثير المباشر أو غير المباشر لأي نشاط بشري (كالحوادث المرورية) على مكونات البيئة المحيطة مثل الهواء، التربة، الماء، النباتات، والحيوانات [6].

ثانيًا: جدول(3) أنواع التأثيرات الناتجة عن الحوادث.

النوع	أمثلة عملية
تلوث التربة	نتيجة انسكاب الوقود والزيوت بعد الحوادث.
تلوث المياه	عند وقوع الحوادث بالقرب من مجاري مائية أو خزانات مياه.
نفوق الحيوانات	تصادم المركبات مع الماشية أو الحيوانات البرية.
التأثير على الغطاء النباتي	دهس المزروعات أو تلف التربة من تسربات كيميائية.
الضوضاء البيئية	الحوادث وعمليات الإنقاذ تُحدث تلوثًا صوتيًا مستمرًا.

2.6 الطرق الريفية والزراعية: تحديات خاصة

في المناطق مثل زليتن، تمثل الطرق الزراعية والريفية تحديًا خاصًا نظرًا إلى:

- كونها ضيقة وغير معبدة بالكامل.
- ضعف أو غياب الإنارة نهائيًا.
- عدم وجود علامات تحذيرية أو ممرات مشاة.
- اعتماد السكان المحليين عليها في الحركة اليومية.

هذه الظروف تجعلها بيئة خصبة لوقوع الحوادث، وغالبًا ما تكون نتائج تلك الحوادث أشد من مثيلاتها في الطرق الحضرية، من حيث التأثير على الإنسان والبيئة [6].

2.7 مراجعة دراسات سابقة ذات صلة

دراسة (المجلس العالمي للسلامة، 2019):

أظهرت أن الطرق التي لا تفي بمعايير التصميم الحديثة تزيد فيها الحوادث بنسبة تصل إلى 45%.

دراسة حالة من تونس (2021):

أشارت إلى أن الطرق الريفية في شمال إفريقيا تفتقر غالبًا إلى التصريف، ما يضاعف من خطر الانزلاق في موسم الأمطار.

دراسة محلية (ليبيا، جامعة طرابلس، 2020):

رصدت تأثير الحوادث في المناطق الزراعية جنوب مصراتة، حيث تسبب تسرب الزيوت في تلف محاصيل على مساحة 12 هكتارًا.

2.8 الخلاصة

يُظهر الإطار النظري بوضوح أن التصميم الهندسي للطريق ليس مجرد عنصر شكلي، بل هو عامل حاسم في:

منع الحوادث أو تقليل آثارها.

حماية البيئة خصوصًا في المناطق الحساسة بيئيًا.

ضمان الاستخدام الآمن والمستدام للطريق.

كما يوضح أن إهمال المعايير التصميمية أو تجاهل الجوانب البيئية يؤدي إلى عواقب وخيمة، كما هو الحال في العديد من الطرق الريفية في زليتن.

3.1 منهجية البحث

تُعد المنهجية العلمية حجر الأساس لأي بحث أكاديمي، حيث تُمكّن الباحث من جمع البيانات وتحليلها بشكل منظم ومنهجي للوصول إلى نتائج دقيقة وموثوقة.

في هذا الفصل، نوضح الإطار المنهجي الذي اعتمده البحث، من حيث نوعه، وأدوات جمع البيانات، والأساليب الإحصائية، مع تحديد عينة الدراسة والمنطقة الجغرافية المستهدفة.

3.2 نوع البحث

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي، باعتباره الأنسب لدراسة العلاقة بين المتغيرات دون التدخل فيها، وهو ما يتيح:

- وصف واقع التصميم الهندسي للطرق في زليتن.
- تحليل إحصائيات الحوادث والارتباط بالمواقع.
- ربط التأثيرات البيئية بالحوادث المسجلة.
- تقديم توصيات قائمة على تحليل واقعي للبيانات.

كما يُصنّف البحث ضمن دراسات الحالة التطبيقية، نظرًا لاعتماده على تحليل تفصيلي لمدينة زليتن كمجال مكاني للدراسة [13].

تعريف المتغيرات (Variables Definition):

المتغير المستقل (Independent Variable):

التصميم الهندسي للطرق، ويشمل عناصر مثل (العرض، الانحناءات، الانحدارات، الإنارة، نظام تصريف مياه الأمطار، الحواجز الجانبية، والإشارات المرورية).

المتغير التابع (Dependent Variable):

معدل الحوادث المرورية المسجلة في بلدية زليتن خلال الفترة من (2020 إلى 2025) حسب نوع الطريق وموقعه.

المتغيرات المرافقة (العوامل المتحكمة):

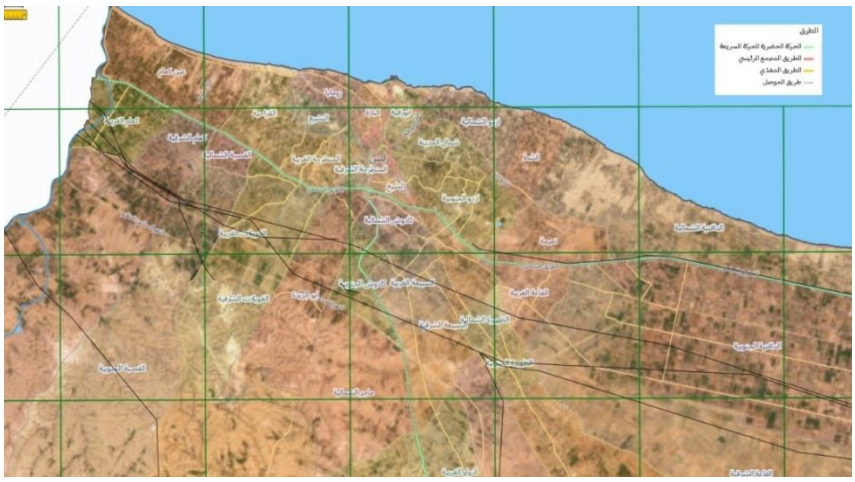
الكثافة المرورية، الظروف الجوية، والفترة الزمنية (ليل/نهار)، والتي يمكن أن تؤثر على العلاقة بين التصميم الهندسي ومعدل الحوادث.

3.3 مجال الدراسة

3.3.1 المجال المكاني

بلدية زليتن (منطقة الدراسة):

تقع في شمال غرب ليبيا، وتضم مزيجًا من الطرق الساحلية، الريفية، والزراعية، مما يجعلها بيئة غنية للتحليل من حيث تنوع شبكات الطرق وتأثيرها [3,7].



شكل 2: توضح خريطة زليتن وطرقها الرئيسية[8].

3.3.2 المجال الزمني

يغطي البحث الفترة من بداية عام 2020 وحتى الربع الأول من عام 2025، وهي فترة كافية لرصد التغيرات في معدلات الحوادث وتقييم آثار التصميم [3].

3.3.3 المجال الموضوعي

يتناول العلاقة بين الهندسة التصميمية للطرق والسلامة المرورية، بالإضافة إلى التأثير البيئي الناتج عن الحوادث، مع إغفال متعمد للعوامل السلوكية البحتة (مثل استخدام الهاتف أو تعاطي المخدرات)، التي لا تقع ضمن نطاق البحث.

3.4 مجتمع وعينة البحث

3.4.1 مجتمع البحث

يشمل جميع الحوادث المسجلة في الطرق الواقعة ضمن بلدية زليتن، سواء داخل المدينة أو على الطرق الساحلية والريفية.

3.4.2 عينة البحث

اعتمدت الدراسة على البيانات الرسمية المسجلة لدى الجهات الأمنية والمرورية، وخاصة:

بلغ عدد الحوادث المستند إليها في العينة:

2020–2024: أكثر من 874 حادثًا.

الربع الأول 2025: 14 حادثًا مبدئيًا [3,4,8].

3.5 أدوات جمع البيانات

1. البيانات الإحصائية الرسمية:

تم جمعها من ملفات موثقة تحتوي على تفاصيل الحوادث من حيث التاريخ، الموقع، نوع الطريق، عدد الوفيات، الإصابات، ونوع الأثر البيئي المترتب.

2. المقابلات الشخصية (نصف المنظمة):

أجريت مع مهندسين بلديين وسائقي شاحنات والسيارات, لفهم الواقع الفعلي للطريق وخطورة بعض النقاط.

3. الملاحظة الميدانية:

تم تسجيل ملاحظات مباشرة في مواقع الحوادث المتكررة، وتحليل الصور الجوية والخرائط عبر Google Earth لمعرفة قرب الطرق الرئيسية والفرعية.

4. التحليل المكاني باستخدام الخرائط:

لرسم خريطة توزيع الحوادث ومطابقتها مع نوع الطريق والمناطق البيئية المحيطة.

3.6 طرق تحليل البيانات

1. التحليل الكمي (Quantitative):

عبر إدخال البيانات الإحصائية في جداول.

إنشاء رسوم بيانية خطية وعمودية لمقارنة الحوادث حسب السنة والطريق.

2. التحليل النوعي (Qualitative):

تحليل مضمون المقابلات الشخصية والملاحظات الميدانية.

ربطها بتفاصيل تصميم الطريق والعوامل البيئية.

3. التحليل المقارن (Comparative):

بين الطرق المختلفة (الساحلية، الريفية، الداخلية).

بين تأثير الحوادث في المناطق الزراعية مقابل الحضرية.

3.7 التحديات التي واجهت البحث

- ضعف التوثيق البيئي للحوادث حيث لم تُسجَّل التأثيرات البيئية في كل حادث بشكل ممنهج.
- نقص الدراسات السابقة في السياق الليبي مما تطلب جهدًا أكبر في تحليل السياق المحلي بمقاربة علمية.

3.8 مبررات اختيار المنهج

تم اختيار هذا المنهج الوصفي التحليلي ودراسة الحالة بناءً على:

- طبيعة المشكلة المرتبطة بتقييم ظاهرة واقعية (الحوادث والتصميم).
- تعدد البيانات (كمية ونوعية، زمنية ومكانية).
- هدف البحث المتمثل في تقديم حلول عملية قابلة للتطبيق.

3.9 خلاصة

استعرض هذا الفصل المنهجية العلمية المعتمدة، موضحًا أدوات جمع البيانات، طرق التحليل، وتفاصيل العينة والمجال الزماني والمكاني. وتم التأكيد على أن الدراسة تستند إلى بيانات ميدانية وتحليل منهجي متكامل يجمع بين الكم والكيف للوصول إلى نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها لصياغة توصيات علمية وعملية.

4.1 التحليل والمناقشة

يهدف هذا الفصل إلى تحليل البيانات التي تم جمعها وربطها بالأسس النظرية والمعرفية التي تم عرضها في الفصل الثاني.

كما تتم مناقشة نتائج التحليل في ضوء الواقع المحلي لزليتن، مع تفسير طبيعة العلاقة بين التصميم الهندسي للطرق ومعدلات الحوادث، وتأثيرها البيئي في المناطق المدنية والريفية.

4.2 التحليل الكمي الإحصائي للحوادث في زليتن (2020–2025)

4.2.1 جدول(4) تحليل تطور الحوادث عبر السنوات

السنة	عدد الحوادث	الوفيات	الإصابات	الخسائر المادية
2020	146	22	68	1,047,500 د.ل
2021	183	34	59	803,500 د.ل
2022	185	25	69	700,000 د.ل
2023	168	42	51	642,500 د.ل
2024	192	51	51	543,000 د.ل
2025	14 (ربع أول)	5	17	40,000 د.ل

يظهر الجدول أن سنة 2024 شهدت أعلى معدل للحوادث والوفيات، رغم أن عدد الإصابات لم يتغير عن 2023.

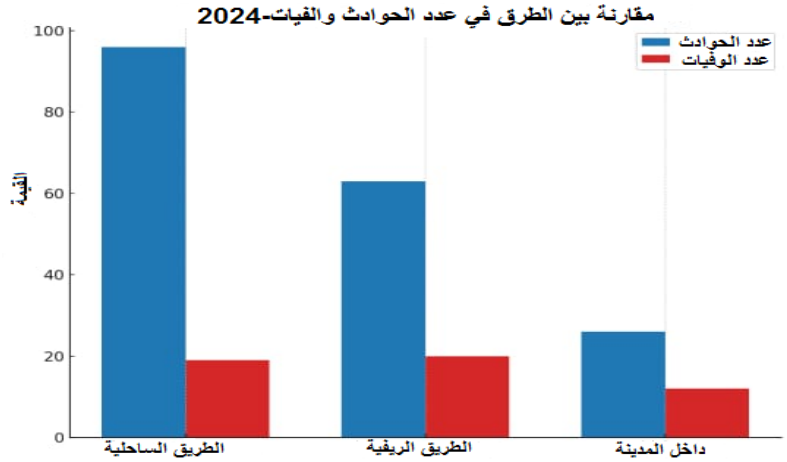
يلاحظ كذلك انخفاض تدريجي في الخسائر المالية، مما يشير إلى تحسن نسبي في الاستجابة الطارئة أو نوعية المركبات[3,4].

شكل 3. مخطط بياني يوضح تطور عدد الحوادث والوفيات والاصابات سنويا في بلدية زليتن خلال الفترة (2020–2024)[3].

4.2.2 جدول(5) تحليل الحوادث حسب نوع الطريق – عام 2024[3].

نوع الطريق	عدد الحوادث	الوفيات	الإصابات	الخسائر
داخل المدينة	26	12	17	60,000 د.ل
الطريق الساحلي	96	19	27	251,000 د.ل
الطريق الريفي	63	20	21	221,000 د.ل
الطريق الرئيسي	7	2	2	11,000 د.ل

توضح الأرقام أن الطريق الريفي يمثل نسبة مرتفعة من الوفيات مقارنة بعدد الحوادث، مما يشير إلى خطورته، بينما الطريق الساحلي يسجل أعلى عدد من الحوادث والإصابات نتيجة الكثافة المرورية اليومية [2,3].



شكل 4. يوضح مقارنة بين الطرق الثلاث (ساحلي، ريفي، داخل المدينة) في عدد الحوادث (أزرق) وعدد الوفيات (أحمر) لعام 2024.

4.3 التحليل النوعي: العلاقة بين التصميم الهندسي والحوادث

4.3.1 الطرق الساحلية

المشاكل التصميمية:

- غياب الأرصفة في بعض المقاطع.
- ضعف الإنارة الليلية.
- عدم وجود حواجز أمان.

النتائج:

ازدياد الحوادث في الفجر والمساء.

صعوبة في رؤية المشاة في الفترات الانتقالية بين الليل والنهار.

جدول(6): تحليل دقيق النسب المئوية للحوادث حسب نوع الطريق – 2024

نوع الطريق	نسبة الحوادث من الإجمالي (%)
الطريق الساحلي	%50
الطريق الريفي	%33

داخل المدينة	%13.5
الطريق الرئيسي	%3.5

4.3.2 الطرق الريفية والزراعية

المشاكل التصميمية:

- انحدارات شديدة في بعض المناطق دون إشارات تحذيرية.
- ضعف أو انعدام طبقة الإسفلت في بعض المقاطع.
- عدم وجود مصارف مياه أو مصدات على الجوانب.

النتائج:

تصادمات قاتلة بسبب الانزلاقات المفاجئة.

فقدان السيطرة عند نزول المنحدرات، خاصة في موسم الأمطار.

4.3.3 الطرق داخل المدينة

المشاكل التصميمية:

- ازدحام النقاط المتقاربة دون تنظيم مروري فعال.
- تقاطعات غير محمية بإشارات ضوئية[2].

النتائج:

حوادث دهس متكررة عند المدارس والأسواق.

4.3.4 جدول(7): تطور عدد وفيات الحوادث حسب نوع الطريق خلال الفترة (2020–2024)

السنة	داخل المدينة	الطريق الساحلي	الطريق الريفي	الطريق الرئيسي
2020	5	10	6	1
2021	6	12	13	3
2022	4	11	8	2
2023	7	13	19	3
2024	12	19	20	2

4.4 التحليل المكاني: توزيع الحوادث

من خلال مطابقة بيانات الحوادث المرورية (النقاط السوداء) على خرائط الطرقات في زليتن:

شكل 5. خريطة توضح توزيع النقاط السوداء للحوادث داخل بلدية زليتن [3].

من خلال الخريطة يتضح وجود 19 نقطة سوداء منها:

- 2 نقاط حوادث ضعيفة.
- 7 نقاط متوسطة.
- 10 نقاط حوادث قوية.

4.5 مناقشة النتائج في ضوء الدراسات السابقة

أكدت دراسة منظمة الصحة العالمية (WHO, 2022) أن 60% من الحوادث في الدول النامية تعود لأسباب متعلقة بالبنية التحتية، وهذا ما تعكسه نتائج زليتن.

في ليبيا، ترتبط الطرق بالعديد من الحوادث المميتة، كما أظهرت دراسة محلية في مصراتة (2020)، وهو نفس النمط الملاحظ هنا.

4.6 خلاصة

تُظهر نتائج التحليل أن التصميم الهندسي يلعب دورًا رئيسيًا في الحوادث، خاصة في الطرق التي تفتقر إلى أبسط عناصر السلامة. كما تبين أن التأثير البيئي لهذه الحوادث لا يقل خطورة عن الخسائر البشرية, وهذا يعزز الحاجة إلى تدخل فوري في تحسين تصميم الطرق بما يخدم السلامة والبيئة معًا

5.1 النتائج والتوصيات

بعد التحليل الكمي والنوعي المعمق، يتناول هذا الفصل تلخيصًا لأبرز النتائج التي تم التوصل إليها خلال الدراسة، متبوعة بتوصيات عملية وهندسية وبيئية يمكن أن تساهم في تقليل الحوادث المرورية وتحقيق سلامة بيئية مستدامة في الطرق الواقعة ضمن بلدية زليتن.

5.2 النتائج الرئيسية للبحث

أولاً: نتائج مرتبطة بالتصميم الهندسي للطرق

1. تصميم الطرق الساحلية والريفية في زليتن يعاني من غياب معايير السلامة الأساسية، مثل الإنارة، الأرصفة، الحواجز، والتصريف.

2. الانحدارات غير المحمية والمنحنيات الضيقة ساهمت بشكل مباشر في زيادة معدلات التصادم والانزلاق، خاصة خلال موسم الأمطار.

3. الطرق الداخلية داخل المدينة، تُعاني من سوء تنظيم مروري، ما يزيد من احتمالات حوادث الدهس والاصطدام عند التقاطعات.

ثانيًا: نتائج مرتبطة بالسلامة المرورية

1. ارتفع عدد الحوادث في عام 2024 إلى 192 حادثًا، وكان الأعلى بين السنوات الخمس الماضية، في حين بلغ عدد الوفيات 51 حالة في نفس السنة، ما يعادل حوالي 26.5% من الحوادث.

2. الطريق الريفي كان الأكثر خطرًا من حيث الوفيات بالنسبة لعدد الحوادث، بمعدل وفاة واحدة لكل 3.15 حادث، وهو معدل مرتفع جدًا مقارنة بالمعايير الدولية.

3. الطريق الساحلي سجل أعلى نسبة للحوادث الكلية، وهو مرتبط بكثافة مرورية مرتفعة دون حماية هندسية كافية.

ثالثًا: نتائج مرتبطة بالتأثير البيئي

1. تم تسجيل حالات تلوث واضحة على الطرقات نتيجة تسربات الوقود والزيوت.

2. عدم وجود ممرات خضراء أو نظم تصريف فعالة أدى إلى تراكم ملوثات وضرر بيئي دائم في بعض المواقع.

3. زحف الأتربة لعدم وجود الحواجز في الطرقات.

5.3 توصيات هندسية

1. إعادة تصميم المنعطفات والانحدارات في الطرقات باستخدام معايير السلامة الهندسية الدولية.
2. إنشاء أرصفة وممرات مشاة محمية في الطرق داخل المدينة والطرق الساحلية ذات الكثافة المرورية.
3. تركيب إشارات ضوئية وتحذيرية في النقاط السوداء لتقليل الحوادث.
4. تحسين إنارة الطرقات باستخدام أعمدة طاقة شمسية منخفضة التكلفة.
5. تحديث سطح الطرق بمادة إسفلتية مقاومة للانزلاق.
6. أنشاء U turn في الطرقات الرئيسية المزدحمة.
7. أنشاء الجسور والكباري في الطرقات الأكثر ازدحاما.

5.4 توصيات بيئية

1. إنشاء ممرات خضراء نباتية على جانبي الطرق لامتصاص الانسكابات وتقليل التآكل وزحف الأتربة.
2. تصميم شبكات تصريف مياه فعالة في الطرق لمنع تجمع المياه .
3. فرض قيود على مرور المركبات الثقيلة في المناطق الريفية دون تصريح.
4. إقامة نقاط مراقبة بيئية في الطرق الحساسة لرصد التأثير البيئي الناتج عن الحوادث.

5.6 توصيات بحثية وأكاديمية

1. ضرورة إجراء دراسات مماثلة في بلديات أخرى، خاصة المناطق الجبلية أو الحدودية.
2. دعم البحث العلمي في الجامعات الليبية لإجراء تقييمات بعد الحوادث.
3. اقتراح نموذج تقييم للمخاطر البيئية المرافقة لتصميم الطرق، ضمن مشاريع التخرج في كليات الهندسة والبيئة.

5.7 خلاصة

تشير النتائج إلى أن الحوادث في زليتن ليست فقط نتيجة لسلوكيات السائقين، بل هي ناتجة عن تصميم هندسي غير ملائم، وضعف في البنية التحتية، وغياب المعايير البيئية.

التوصيات التي يقدمها هذا البحث لا تقتصر على الجانب الهندسي فقط، بل تمتد إلى المستوى المؤسسي، البيئي، والبحثي، مما يجعل هذا البحث بمثابة خارطة طريق لتحسين جودة الطرق وسلامة البيئة في ليبيا عمومًا.

6 المراجع

1. السويح، س. (2019). تحليل هندسي ومروري لحوادث الطرق في المناطق الحضرية. كلية الهندسة – جامعة طرابلس.

2. حمدي، م.، وعبد القادر، س. (2021). الطرق الريفية والتأثير البيئي في ليبيا: تحليل ميداني. مجلة البحوث الجغرافية، 18(2)، 45–67.

3. إدارة المرور – بلدية زليتن. (2024). التقرير السنوي لإحصائيات الحوادث للفترة 2020–2024. قسم الإحصاء والتحقيقات.

4. وزارة الداخلية الليبية. (2022). الدليل الإحصائي الوطني للحوادث المرورية. طرابلس: مركز المعلومات.

5. الجغرافي، أ. (2020). التحليل المكاني للنقاط السوداء للحوادث في المدن الليبية. أطروحة ماجستير غير منشورة، جامعة مصراتة.

6. جامعة طرابلس. (2020). التأثير البيئي لحوادث الطرق على المناطق الزراعية: دراسة حالة جنوب مصراتة. مجلة البحوث البيئية الليبية، 5(2)، 55–70.

7. إسماعيل، ع. (2021). التأثير البيئي لحوادث الطرق: قراءة في الأثر والتدبير البيئي. مجلة العلوم البيئية الليبية، 7(1)، 33–52.

8. وزارة المواصلات – إدارة الطرق والجسور. (2023). كتيب المعايير التصميمية للطرق الريفية في ليبيا (الطبعة الثانية). طرابلس.

9. المجلس العالمي للسلامة. (2019). تقرير معايير التصميم الحديثة وأثرها على تقليل الحوادث. جنيف: المجلس العالمي للسلامة على الطرق.

10. دراسة حالة – تونس. (2021). تحديات الطرق الريفية في شمال إفريقيا: غياب التصريف وأثره على السلامة المرورية. المجلة المغاربية للهندسة المدنية، 12(3)، 77–89.

11. World Health Organization (WHO). (2023). Global Status Report on Road Safety. Geneva: WHO.

12. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Transport and Environment in Developing Countries: Strategies for Sustainable Mobility. Geneva: UN Publications.

13. Al-Kilani, M., & Bashir, H. (2021). Geospatial assessment of road accident hotspots in coastal Libyan cities. International Journal of Transport & Urban Development, 9(4), 120-135